Exposé

INSTITUT CANADIEN POUR LA PAIX ET LA SÉCURITÉ INTERNATIONALES

Numéro 3 Mars 1986

L'HIVER NUCLÉAIRE

par Leonard Bertin

Depuis l'holocauste d'Hiroshima il y a 40 ans, la plupart des débats ayant porté sur les conséquences possibles des explosions nucléaires ont eu pour thèmes les incendies qui en résulteraient, le souffle, les blessures, les effets immédiats et retardés des radiations, et l'effondrement probable de la société telle que nous la connaissons.

Les logiciels informatiques perfectionnés existant aujourd'hui permettent de simuler les conditions météorologiques et climatiques et le cheminement des polluants dans l'atmosphère, et d'entrevoir, par conséquent, les bouleversements climatiques dévastateurs que pourraient engendrer des explosions nucléaires, surtout si des villes étaient touchées.

De nombreux scientifiques ont employé l'expression "hiver nucléaire" pour décrire ce qui, selon eux, résulterait inévitablement d'un conflit nucléaire d'envergure. Certains des partisans les plus acharnés de la théorie n'aiment pas l'expression, car ils la trouvent "trop sensationnelle", même si, advenant que la théorie soit exacte, les conséquences de l'affrontement seraient probablement un milliard de fois pires qu'un seul meurtre faisant la une des journaux. Quoi qu'il en soit, l'expression est de plus en plus acceptée, car on l'emploie désormais dans de nombreuses revues scientifiques reconnues.

LA THÉORIE

En 1983, deux articles importants concernant les effets des explosions nucléaires ont paru dans *Science*, prestigieuse revue servant de tribune à l'*American Association for the Advancement of Science*. Dans le premier,[1] qu'on désigne maintenant par le sigle TTAPS formé par les initiales des cinq auteurs, ces derniers, tous d'éminents scientifiques dans leur domaine de spécialisation, décrivent en détail les terribles répercussions qu'un conflit nucléaire d'envergure aurait sur le climat de la planète. Le deuxième article porte les signatures de 20 scientifiques et présente les horribles effets biologiques de tels changements climatiques. M. Carl Sagan, de l'Université Cornell, a participé à la rédaction des deux articles, et c'est sans doute son nom qu'on associe le plus souvent à la théorie de l'hiver nucléaire.

Si des villes étaient attaquées, soit parce qu'elles sont situées à proximité d'importants objectifs militaires ou industriels, soit parce que cela cadrerait avec les visées politiques de l'ennemi, des centaines de millions de tonnes de fumée et de suie produites par les incendies voileraient pendant des semaines ou des mois les rayons du soleil qui sont essentiels à la vie sur terre. Ainsi, entre les 30ᵉ et 70ᵉ degrés de latitude nord, zone comptant parmi les plus densément peuplées de la planète et secteur où les combats critiques feraient rage, l'obscurité serait permanente et le mercure tomberait entre −10 et −40 Celsius. Toutes les récoltes dans certaines des régions du monde produisant le plus de nourriture, y compris les États Unis, le Canada, les pays de la Communauté économique européenne et, bien sûr, l'Union des républiques socialistes soviétiques, seraient probablement anéanties.

Imaginez le sort des survivants affolés, essayant de vivre sous terre, sans téléphone et sans électricité (car les réseaux de communications seraient les premiers touchés en cas de guerre nucléaire), sans système d'approvisionnement en eau, sans essence et sans mazout, sans services mobiles de police et d'ambulance et, probablement sans hôpitaux. Ajoutez à cela le spectre des lacs et des réservoirs gelés. La famine et la mort par inanition, sinon par la soif, seraient à coup sûr omniprésentes.

Mais toutes ces inquiétudes ne sont pas nouvelles. En 1965, le professeur Robert Ayres a fait paraître trois volumes[3] sur la question, après avoir mené une étude de trois ans à l'Institut Hudson, endroit où des "cerveaux" se consacrent à l'analyse des stratégies. Son ouvrage laisse entrevoir qu'une guerre nucléaire influerait énormément sur le climat mondial.

L'attention qu'on accorde aux découvertes scientifiques ou technologiques est trop souvent (et pres-

87-03148/

que toujours) fonction de la conjoncture politique et de l'intérêt que présentent d'autres événements : de 1965 au milieu des années 1970, les médias étaient obsédés par la guerre du Vietnam, de sorte que les ouvrages du professeur Ayres sont restés dans l'ombre, comme de vulgaires ramasse-poussière.

Cependant, même la poussière n'intéressait personne à cette époque. En 1971, un groupe de l'Université Cornell dirigé par M. Carl Sagan s'est penché sur les données transmises par *Mariner 9*, premier satellite artificiel à orbiter autour de la planète Mars. Le groupe a tenté d'établir une corrélation entre les tempêtes de poussière observées et les faibles températures mesurées à la surface de ce corps céleste.

De nouveau, on s'intéressa aux incidences de la poussière sur le climat quand un groupe de l'Université de la Californie, dirigé par le professeur Louis E. Alvarez, formula une autre théorie pour expliquer la disparition soudaine des dinosaures il y a 65 millions d'années. Selon ces chercheurs, ce phénomène a peut-être résulté de transformations climatiques survenues lorsqu'un gros météorite serait entré en collision avec la Terre, créant ainsi de gigantesques nuages de poussière qui auraient voilé les rayons solaires et entraîné l'anéantissement des plantes dont les dinosaures se nourrissaient.[4]

En juin 1982, on a mis en évidence le rôle possible des infimes particules de suie mesurant moins d'un millionième de métre de diamètre et produites chimiquement par des incendies, par opposition à la poussière répandue par des moyens physiques et comprenant surtout des particules dont le diamètre dépasse un millionième de mètre. De par leur taille et leurs caractéristiques chimiques et physiques (elles sont d'habitude noires), ces particules de suie absorbent beaucoup la lumière solaire. M. Paul J. Crutzen, qui travaille actuellement au *Max Planck Institute of Chemistry*, et M. John W. Birks, de l'Université du Colorado, ont rédigé un article dans un numéro spécial d'*Ambio*, revue de l'Académie royale suédoise des sciences. Ces deux auteurs ont conclu que la fumée chimique que dégageraient des incendies déclenchés dans des villes et des centres industriels par des explosions nucléaires pourrait, vu la taille infinitésimale des particules, demeurer dans l'atmosphère pendant de nombreuses semaines et avoir des effets plus graves que la poussière.[5]

Au début de 1983, la *US Defense Nuclear Agency*, a demandé au *US National Research Council* d'analyser la situation. Un comité de spécialistes a été formé, et il a déposé en décembre 1984 un rapport sur les effets qu'un conflit nucléaire d'envergure aurait sur l'atmosphère.[6] De son côté, le gouvernement de notre pays a prié la Société royale du Canada de mener une étude indépendante; la Société a fait paraître en janvier 1985[7] son rapport intitulé *L'hiver nucléaire et ses effets connexes*.

Les scénarios de guerre qu'ont employés MM. Crutzen et Birks, les membres du groupe TTAPS et leurs collègues biologistes, le *US NRC* et le Comité de la Société royale du Canada se ressemblent tous beaucoup. Dans tous les cas, on suppose que 33 à 50 p. 100 des arsenaux nucléaires mondiaux connus seraient utilisés. L'énergie totale libérée par les explosions équivaudrait à celle que représentent entre 5 000 et 6 500 millions de tonnes (MT) d'explosifs brisants classiques.

Dans une étude distincte qu'ils ont menée à l'Institut d'informatique de l'Académie soviétique des sciences,[8] M. Vladimir V. Aleksandrov et ses collègues ont employé un scénario semblable pour créer un modèle informatique, et leurs conclusions sont probablement les plus lugubres de toutes.

Le Comité du *US NRC*, qui disposait sans doute des meilleurs moyens d'accéder aux données sur les armes nucléaires, a posé comme hypothèse dans son scénario de référence que des bombes équivalant à 6 500 MT d'explosifs éclateraient. Il a postulé que, de ce total, 1 500 MT exploseraient au sol, surtout dans le cadre d'attaques "anti-forces" lancées contre des silos "durcis" de missiles balistiques et contre des centres de communications et de contrôle. Les autres ogives éclateraient aux altitudes optimales pour infliger le plus de dégâts possible aux structures; sur ces 5 000 MT, 1 500 auraient pour objectifs des centres militaires, économiques et politiques situés dans 1 000 agglomérations urbaines ou à proximité de celles-ci.

Il convient ici de préciser que les scientifiques météorologues établissent de nombreuses distinctions entre les diverses couches d'air. Les deux principales couches reconnues sont la troposphère, qui est la couche inférieure très dynamique s'étendant jusqu'à une altitude de 10 km et devenant plus froide à mesure que l'on monte, et la stratosphère, où il n'y a à peu près aucun gradient de température et où, par conséquent, les mélanges par convection sont négligeables. La frontière séparant ces deux couches, qui est une limite naturelle bien réelle, s'appelle tropopause.

Le scénario du *US NRC* suppose que, dans les villes ravagées par le feu, environ les trois quarts de tous les matériaux combustibles seraient brûlés et que des centaines de millions de tonnes de fumée et de poussière seraient projetées dans l'atmosphère. Le *NRC* estime en outre que, pour chaque million de tonnes d'explosifs nucléaires qu'on ferait détoner, un tiers de million de tonnes de résidus de combustion atteindraient la stratosphère. Environ huit pour cent de ces quantités seraient de la suie qui, vu la petitesse de ses particules, resterait dans l'atmosphère pendant longtemps.

Toujours selon le scénario, certains processus réduiraient la diffusion et l'absorption de la lumière.

Des particules de fumée s'agglutineraient les unes aux autres dans les panaches ascendants, elles deviendraient plus grosses et plus denses, puis elles tomberaient; dans les régions humides, la vapeur d'eau se condenserait au bout d'un certain temps. On a supposé que la moitié de la fumée répandue dans la tropopause serait ainsi "rabattue au sol" par l'humidité. Le reste de la fumée serait distribué uniformément et verticalement à des altitudes variant de 0 à 9 km.

Au début, c'est-à dire pendant quelques semaines, la répartition latérale ne serait pas uniforme. Le Comité a conclu que, dans les régions de l'hémisphère couvertes par les premières masses de fumée, la luminance pourrait être réduite à zéro. Comme les nations industrialisées tendent à concentrer une bonne partie de leurs ressources et de leurs matériaux combustibles non loin des secteurs centraux des grandes villes, on a déduit qu'une petite fraction des arsenaux nucléaires existants (disons, 100 MT) engendrerait, si les bombes étaient dirigées contre les agglomérations urbaines, presque autant de fumée que les 6 500 MT du scénario de référence si elles éclataient dans des zones rurales beaucoup plus vastes.

DISCUSSION

Le Comité du *US NRC* attire l'attention sur l'incertitude qui subsiste quant à la répartition verticale de la fumée et à ce qui arriverait par la suite aux divers matériaux. Il précise qu'il est difficile de prédire avec exactitude le comportement de l'atmosphère dans un tel contexte. L'état actuel des connaissances ne permet pas, ajoute-t-il, de savoir combien de temps les effets dureraient. Le Comité renchérit en disant que des études futures, exécutées à une époque où les techniques de collecte des données et d'établissement des modèles seront meilleures, risquent de déboucher sur des analyses et des conclusions bien différentes. Il fait néanmoins valoir la nette possibilité que de vastes zones terrestres de l'hémisphère nord (et peut-être même une grande partie de la planète) soient gravement touchées.

Le Comité canadien est parvenu à des conclusions générales semblables : des bouleversements climatiques profonds, qui pourraient n'être que temporaires, résulteraient d'une guerre nucléaire. Il a constaté que les données fournies par les divers modèles sont plausibles, mais il a insisté sur l'existence d'une grande marge d'incertitude. Quoi qu'il en soit, déclare-t-il dans son rapport, l'hiver nucléaire sévirait à coup sûr après des attaques massives.

M. Kenneth Hare, climatologue de réputation mondiale qui a présidé le Comité de la Société royale du Canada, a défini certaines des inconnues dont il faut absolument tenir compte pour bien comprendre le problème. Parlant de la situation hypothétique où les silos de missiles installés dans le Dakota du Nord, non loin de la frontière canadienne, seraient attaqués, il déclare : "S'il se produit des explosions au sol, le phénomène de vaporisation sera certainement prononcé. Il faut étudier séparément chaque type de vapeur. Fait surprenant, les composants de la plupart des vapeurs n'ont pas tendance à s'agglutiner d'eux-mêmes ni à se déposer. Ils doivent d'abord s'agglutiner. Ils demeurent à l'état de vapeur et ne tombent pas à moins qu'on leur fournisse un noyau de condensation." De nombreuses particules, y compris certains composants de la fumée, ne montrent au départ aucune tendance à s'unir à la vapeur d'eau. D'autres attirent l'eau et contribuent ainsi à la formation de gouttelettes. Certaines qui ressemblent, à l'état de cristaux, à de la glace (l'iodure d'argent, par exemple) ont permis d'ensemencer des nuages de vapeur d'eau pour lutter avec succès contre la sécheresse, mais comme M. Hare le fait observer, une telle similarité n'est pas essentielle : des plaquettes de glaise flottant dans l'atmosphère peuvent remplir le même rôle.

Un autre grand problème climatique résulterait d'un affrontement nucléaire, et ce serait l'apparition d'une gigantesque couche d'inversion, créée par la fumée qui, dans l'air, absorberait l'énergie solaire, se réchaufferait et agirait effectivement comme un "couvercle" sur tous les systèmes météorologiques.

Au Canada, à quoi l'hiver nucléaire ressemblerait-il ? Si l'attaque survenait en hiver, les incidences sur le temps et la végétation seraient beaucoup moins dévastatrices qu'en été. "Imaginons-nous un hiver canadien typique, de dire M. Hare. Supposons qu'une vaste crête de haute pression domine les Grands Lacs, et cela nous donne une bonne idée de ce que serait l'hiver nucléaire en Amérique du Nord. Et nous en sommes témoins *tous les* hivers." Les récoltes n'en souffriraient sans doute pas, mais l'obscurité persisterait 24 heures par jour.

En été, les conséquences seraient épouvantables. M. Thomas Hutchinson, professeur de botanique à l'Université de Toronto et membre du Comité de la Société royale, fait observer que les cultures sont extrêmement sensibles aux variations soudaines de température et qu'elles résistent mal aux gelées imprévues et aux longues périodes de froid. "Si les températures chutent de plus de deux degrés, toute la récolte de blé de la saison est anéantie. Un tel phénomène raccourcit la saison de croissance au point que la récolte n'atteint pas la maturité. Des gelées prononcées au beau milieu de la saison estivale auraient un effet dévastateur."

Le professeur Hutchinson rappelle que de nombreuses plantes canadiennes peuvent affronter le

froid. À certains moments de l'année, elles réagissent à des stimuli et se préparent à leur manière à subir les baisses de température. Au printemps, quand elles se remettent à pousser, elles perdent leur aptitude à se protéger contre le froid. La tolérance des fluctuations de température n'est pas un critère revêtant de l'importance seulement sous les latitudes froides. "Dans les régions tropicales, d'ajouter M. Hutchinson, de nombreuses plantes ne peuvent résister si la température tombe à 10 C, et beaucoup meurent si le mercure descend aussi bas."

Pendant combien de temps les réserves calorifiques de la Terre protègent-elles les plantes ? Dans certains cas, pendant moins d'une journée. Le professeur Hutchinson souligne que les dommages découlent de la formation de cristaux de glace dans les cellules. Dans les climats relativement tempérés, les plantes (et certains animaux) réduisent leurs réserves d'eau en hiver et accroissent ainsi la concentration de produits chimiques dissous dans leurs tissus. Cela équivaut à ajouter de l'anti-gel dans l'eau, de poursuivre M. Hutchinson. D'autres plantes, telles que celles poussant dans la toundra alpine ou arctique, subissent régulièrement chaque année des températures avoisinant −40 C et elles sont dotées d'un mécanisme protecteur qui élimine l'eau de leurs cellules.

Est-ce qu'on s'affole trop à l'idée de l'hiver nucléaire ? "Tout dépend du scénario adopté," précise M. Hutchinson. Aucun des groupes n'est catégorique dans ses conclusions. Aucun n'est disposé à affirmer quelle serait exactement la séquence des événements en cas de guerre nucléaire. Tous étudient une gamme variée de possibilités. Dans les meilleurs cas, on pourrait échapper à l'hiver nucléaire. Dans d'autres scénarios, les explosions seraient peu nombreuses, peu puissantes et trop dispersées, ou elles se produiraient trop en altitude pour causer des bouleversements climatiques marqués. Afin de projeter de la poussière et de la fumée dans l'atmosphère, une explosion doit avoir lieu au niveau ou à proximité du sol.

Soit dit en passant, le professeur Hutchinson compte parmi ceux qui n'aiment pas l'expression "hiver nucléaire". "Elle ne plaît à aucun d'entre nous," déclare-t-il. "Elle est trop dramatique. Elle évoque une certaine image. Et elle fait oublier d'autres éléments importants tels que les changements dans les précipitations et dans l'intensité des rayons ultraviolets, et l'apparition de produits chimiques toxiques et de polluants acides. Il faut bien comprendre que, si l'on en vient là, le monde vivra dans une fine brume acide. De nombreuses émanations chimiques très toxiques, dégagées par la combustion des plastiques, infecteront l'air. Les perspectives ne seraient guère rassurantes si un conflit nucléaire d'envergure éclatait."

M. Hare résume le débat en ces termes : "Certains pensent qu'une bombe puissante sera lâchée sur Toronto, Montréal ou Vancouver et que rien, si ce n'est de petites quantités de retombées, n'atteindra le reste du pays. Il convient plutôt d'envisager la possibilité qu'un grand nombre de ces affreux engins explosent sur nos villes."

On a demandé à M. Andrew Forester, scientifique ayant dirigé l'étude de la Société royale (c'est lui qui l'a rédigée en majeure partie et qui l'a révisée en entier), si le concept de l'hiver nucléaire suscitait des doutes dans son esprit, et il a admis qu'il fallait forcément répondre par l'affirmative. "Mais, a-t-il précisé, on s'entend de plus en plus pour dire que la probabilité de subir un hiver nucléaire par suite d'un conflit atomique est plus élevée que celle de l'inverse. Cela m'impressionne car, lorsque vous assistez à une conférence avec de nombreux experts et qu'ils souscrivent de plus en plus à la thèse de l'hiver nucléaire, alors vous vous rangez à leur opinion, peu importe vos sentiments personnels. À mon avis, l'hiver nucléaire sera moins rigoureux qu'on le pensait à l'origine, mais il est de plus en plus certain que, si les conditions nécessaires sont réunies, ce phénomène se produira effectivement. C'est donc là une conclusion qui n'est pas tout à fait négative."

Des scientifiques des *US Lawrence Livermore National Laboratories* et du *Los Alamos National Laboratory*, deux établissements qui se spécialisent dans les armes nucléaires, présentent des modèles de simulation qui tendent à montrer que l'hiver nucléaire sévirait à coup sûr; c'est là, aux yeux de M. Forester, un autre élément très "persuasif".

LES CRITIQUES DE LA THÉORIE

Les divers concepts formulés au sujet de l'hiver nucléaire par MM. Crutzen et Birks, par le groupe TTAPS, par M. Aleksandrov et d'autres encore s'accompagnent tous de réserves tant en ce qui concerne les faits que les hypothèses; pourtant, personne ne les a encore contestés. M. Edward Teller, qu'on appelle souvent le père de la bombe atomique américaine et qui est membre du personnel des *Lawrence Livermore Laboratories*, M. S. Fred Singer, de l'Université George Mason (Virginie), M. John Maddox, rédacteur en chef de la prestigieuse revue scientifique britannique *Nature*, et M. C.H. Kearny comptent parmi les nombreuses autorités qui ont exprimé un certain scepticisme à l'égard de la théorie de l'hiver nucléaire.

Autre vive inquiétude qu'éprouve quiconque songe au "lendemain d'un conflit nucléaire", c'est qu'une fois la poussière et la fumée disparues, les rayons solaires recèleraient de nouveaux dangers pour toute créature qui aurait survécu. Cette lumière contiendrait des radiations ultraviolettes,

dont la longueur d'onde est trop courte pour qu'on puisse les percevoir à l'oeil nu mais qui sont extrêmement dangereuses si elles sont absorbées à fortes doses. Normalement, les rayons ultraviolets sont retenus dans les couches supérieures de l'atmosphère par une forme hyperactive d'oxygène (trois atomes par molécule au lieu de deux) appelée ozone. Les scientifiques conviennent généralement que, si de grandes quantités de résidus de combustion chimiquement actifs étaient soudainement injectées dans la haute atmosphère, elles réagiraient avec l'ozone et la détruiraient.

On estime qu'une fois la fumée disparue, il faudrait de deux à trois ans avant que la couche d'ozone se reforme; entretemps, tous les êtres vivants subiraient de graves dommages. Selon M. Teller,[9] l'intensité des rayons ultraviolets augmenterait par suite de l'élimination de la couche d'ozone, et ce phénomène, outre qu'il causerait des dégâts à la végétation, provoquerait sans doute des insolations graves, accroîtrait l'incidence des cancers de la peau et endommagerait la vue si l'on ne prenait aucune mesure de protection.

Sur un autre plan, M. Teller fait valoir qu'en raison de la précision de plus en plus grande dont les nouveaux vecteurs sont capables, les puissances nucléaires mettent au point des ogives beaucoup plus petites dont l'explosion ne libérerait pas assez d'énergie pour emporter des produits de combustion dans la stratosphère (le seuil semble se situer aux environs d'un MT; les États-Unis s'intéressent davantage à des ogives de 0,3 à 0,5 mégatonne, tandis que l'URSS songe à une charge sensiblement plus grande).

M. Teller signale que la théorie même de l'hiver nucléaire repose sur le principe que la fumée engendrée par les incendies faisant rage dans les forêts et les villes se répandrait dans la troposphère. L'air ainsi chargé de fumée, reconnaît-il, pourrait faire monter la température dans la partie supérieure de la troposphère d'environ −50 ou −60 C à 5 C. À la surface de la planète, les températures risqueraient de chuter à −30 C, car la fumée aurait absorbé l'énergie solaire. Mais il se pourrait bien qu'il en soit tout autrement !

Si l'on peut formuler des théories relativement précises sur l'absorption des radiations ultraviolettes, d'ajouter M. Teller, il en va différemment des prévisions relatives au comportement de la fumée, car elles reposent sur la connaissance de phénomènes météorologiques beaucoup plus complexes, dont beaucoup sont encore mal compris, et sur des critères encore incertains quant à l'estimation des volumes de fumée.

Le temps de séjour moyen de la vapeur d'eau dans l'atmosphère est légèrement supérieur à une semaine; d'après des études faites sur le temps qu'il faut à la fumée créée par l'homme pour disparaître, celle-ci demeure dans l'atmosphère pendant une semaine ou moins.

Selon le groupe TTAPS, une guerre nucléaire au cours de laquelle 5 000 MT d'explosifs éclateraient, notamment sur des villes, engendrerait 225 millions de tonnes de fumée; M. Teller fait observer que le poids estimatif de la vapeur d'eau entre les 30ᵉ et 70ᵉ degrés de latitude nord est 10 000 fois plus grand. Le temps de séjour d'une semaine serait plus court que les 10 jours qu'il faudrait pour créer un froid intense à la surface. Si l'on se fie à ces données, une masse d'eau d'origine naturelle plusieurs milliers de fois plus considérable que la fumée produite par la guerre aurait vite fait de "laver" l'atmosphère.

M. Teller et certains de ses collègues des *Lawrence Livermore Laboratories* soutiennent que les calculs fondant les théories sur l'hiver nucléaire ne prennent pas en compte les grands effets nettoyants de la vapeur d'eau, qui sont eux-mêmes attribuables à la présence de la fumée, ni de l'influence des océans et des vents pendant le temps qu'il faudrait à la fumée pour se répandre dans le monde. Sans aller jusqu'à écarter la possibilité de l'hiver nucléaire, M. Teller se penche sur des arguments qui "infirment la théorie au lieu de la confirmer". Il convient qu'une baisse de température de 5 à 6 degrés entre les 30ᵉ et 70ᵉ degrés de latitude nord (chute dix fois moindre que celle prédite par le groupe TTAPS) risquerait de détruire les cultures et de provoquer la famine, mais il affirme que les "théories spéculatives" annonçant la destruction du monde entier (et même la disparition de la vie telle que nous la connaissons), lorsqu'on s'en sert pour obtenir certains résultats politiques, ne favorisent ni la réputation de la science ni la réflexion politique objective.

M. S. Fred Singer, l'un des critiques les plus acerbes de la théorie de l'hiver nucléaire, est vice-président du *US National Advisory Committee on Oceans and Atmosphere*. Des partisans de cette théorie ont dénoncé ses opinions avec force, mais certaines d'entre elles méritent qu'on s'y arrête. Ainsi, il a insisté sur l'"extrême difficulté" de formuler des prédictions sur les effets environnementaux qu'un conflit nucléaire aurait à l'échelle de la planète. La marge d'incertitude, déclare-t-il, est énorme vu la gamme des hypothèses de base et "tous les principes de physique dont on a oublié de tenir compte". Selon lui, les prédictions ne sont pas particulièrement utiles.[11,12]

Aux dires de M. Singer, les hypothèses employées par le groupe TTAPS garantissent à toutes fins pratiques qu'il y aura un hiver nucléaire :

1) elles précisent qu'il y aura assez de fumée pour masquer presque toute la lumière solaire;
2) elles font valoir que la fumée atteindra des altitudes assez élevées pour perdurer;

3) elles soutiennent que la fumée sera répartie uniformément entre les 30e et 70e degrés de latitude nord; et
4) elles passent carrément sous silence tout "effet de serre" qui compenserait le refroidissement de la surface (elles omettent de mentionner, par exemple, que certaines particules de fumée sont peu opaques).

Quant à lui, M. Singer présente des faits à l'appui des énoncés suivants :[13]

a) La "durée de vie" de la fumée est fonction du fait que la montée de celle-ci à une altitude supérieure à 5 km est peu probable, sauf dans des conditions atmosphériques spéciales. (Cependant, de grands feux de forêt déclenchés délibérément dans un secteur de 16 000 hectares, non loin de Chapleau dans le nord de l'Ontario, en août 1985, ont donné lieu à un "nuage en champignon" qui, a-t-on alors estimé, s'est élevé jusqu'à 6 km d'altitude.)
b) Règle générale, et plus particulièrement si le vent souffle, la fumée flottant à moins de 5 km d'altitude est éliminée en quelques jours par les précipitations.
c) Les nappes basses et non uniformes de fumée pourraient créer un effet de serre.
d) Il y aurait sans doute un effet de serre très accentué, même si les nuages de fumée atteignaient des altitudes plus élevées.
e) Une variation de la dispersion des masses de fumée pourrait influer énormément sur l'opacité intrinsèque de la fumée aux rayons infrarouges.

M. Singer souligne que 200 000 millions de tonnes de particules sont déversées dans l'atmosphère chaque année. Sur la foi d'une analyse récente des scénarios de référence du *NRC*, il se voit contraint de conclure que n'importe quel bouleversement climatique important durerait peu de temps, que les variations de température à la surface du globe seraient minimes, et qu'il n'y aurait ni gel accentué, ni refroidissement soudain. Et il termine en affirmant qu'il se produirait plutôt un réchauffement sensible de la surface terrestre... en fait, un été nucléaire. Cette opinion a donné lieu à de nombreuses controverses.

IMPLICATIONS STRATÉGIQUES

Au nombre de ceux qui ont critiqué les hypothèses du groupe TTAPS, citons le stratège analyste Francis P. Hoeber, membre du *US President's General Advisory Committee on Arms Control and Disarmament*, et M. Robert K. Squire, autrefois au service des *Lawrence Livermore National Laboratories*, qui travaille depuis une vingtaine d'années dans le domaine de la limitation des armements.

Dans un article récent paru dans *Strategic Review*,[14] MM. Hoeber et Squire soulignent que la thèse originale de l'hiver nucléaire, telle que l'avaient formulée M. Sagan et d'autres encore, reposait sur un modèle très simplifié d'un phénomène extrêmement complexe. Ils se demandent comment des ordinateurs qui ne peuvent faire des prévisions atmosphériques précises à long terme, quand aucune explosion nucléaire de taille ne perturbe le climat, seraient capables de prédire ce qui se passerait à l'échelle du globe dans les situations très particulières évoquées.

Quoi qu'il en soit, font remarquer MM. Hoeber et Squire, l'incertitude complique énormément l'élaboration des stratégies. Les politiques et les plans des gouvernements sont fondés sur de nombreux facteurs, y compris des jugements sur les conséquences de certains actes : or, il est ici impossible d'élaborer des politiques en s'inspirant d'hypothèses scientifiques, car on ne peut faire subir l'épreuve ultime à la théorie, à moins de déclencher une guerre nucléaire. Un gouvernement qu'on aura amené à croire que l'hypothèse de l'hiver nucléaire est valable dans une certaine mesure ne va pas lancer une attaque générale, même si le pays semble menacé, si pareille décision risque d'annuler un gain militaire temporaire. D'un autre côté, un pays dont le gouvernement s'est laissé convaincre que l'hypothèse n'a aucune valeur jugera peut-être opportun d'attaquer un adversaire dont le moral et la volonté de se défendre ont été affaiblis.

Selon MM. Hoeber et Squire, toute situation où les deux superpuissances croiraient en la possibilité d'un hiver nucléaire seraient favorable à la stabilité, car le recours à l'arme atomique entraînerait une catastrophe tant pour l'une que pour l'autre.

Dans un mémoire intégré au rapport de la Société royale du Canada,[15] le ministère canadien de la Défense nationale met en lumière l'importance de la dissuasion dans la politique de défense de l'Occident.

"Comme le Canada et d'autres pays de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord n'ont pu trouver méthode plus sûre pour prévenir la guerre que la dissuasion nucléaire, celle-ci est devenue la clef de voûte de la politique occidentale en matière de sécurité. Si l'on croit en la possibilité d'une grave menace tout en aspirant à continuer de vivre dans la paix et la liberté, la dissuasion fondée sur les armes nucléaires, si odieuse qu'elle soit, demeure la formule la plus sûre à notre portée." (Traduction libre)

L'étude attire l'attention sur un "paradoxe inextricable". Si, dans la réalité, on ne peut se servir des armes, elles perdent toute force de dissuasion. Plus la probabilité est élevée que les armes seront employées, le cas échéant, plus la probabilité est faible qu'il faudra jamais s'en servir.

Dans son mémoire, le MDN examine comment les conclusions des scientifiques sur l'hypothèse de la guerre nucléaire, si elles sont acceptées, influeront sur la politique de défense de l'Occident, et il aboutit aux résultats suivants :

a) La politique stratégique demeurera fondamentalement la même. Le concept de dissuasion nucléaire ne perdra ni sa validité, ni sa force. De même, la stratégie de la riposte graduée ne se trouvera pas modifiée sensiblement.

b) Les puissances nucléaires réfléchiront encore davantage avant de recourir massivement aux arsenaux nucléaires; en fait, il se pourrait qu'elles réexaminent le nombre et les types d'armes nécessaires pour appliquer la doctrine de dissuasion et qu'elles adoptent des seuils inférieurs à ceux existant maintenant. Le mémoire précise cependant que les réductions réclamées par certains affaibliraient la dissuasion.

c) Si les superpuissances réduisent sensiblement le nombre de leurs armes nucléaires stratégiques intercontinentales déjà déployées, ou si l'on en vient à juger inconcevable l'emploi de ces dernières, l'importance des armes de théâtre, y compris celles du Royaume-Uni et de la France (et de la Chine) grandira.

d) Il est possible qu'on revoie les plans de sélection des objectifs, en accordant moins d'importance aux explosions au sol, aux armes à grande puissance explosive et aux villes.

e) S'il est établi que l'éclatement de 200 à 2 000 ogives bouleverserait les conditions climatiques, ces chiffres pourraient servir d'arguments dans le débat en faveur de la réduction des armes nucléaires.

Dans l'examen des autres implications stratégiques du concept de l'hiver nucléaire, il faut supposer que, dans n'importe quel monde où la raison n'est pas morte, la conscience des conséquences qu'aurait l'emploi stratégique massif des armes atomiques pour les DEUX camps constituera un élément important de dissuasion.

En fait, aux yeux de nombreux planificateurs de la défense, le concept n'a pas beaucoup de valeur, car beaucoup parmi eux supposent que les perspectives de survie seront minimes si la dissuasion échoue et si une guerre nucléaire éclate. D'un autre côté, ce même concept a incité des stratèges à réévaluer la politique des représailles massives avec des ogives à forte puissance explosive. Aucun endroit ne serait épargné — une superpuissance ne pourrait se protéger des effets de ses propres bombes : la métaphore bien connue selon laquelle la guerre nucléaire équivaudrait à une annihilation mutuelle prendrait littéralement tout son sens. Dans un pareil contexte, il devient d'autant plus urgent pour les deux adversaires de faire preuve de retenue et de mesure.

Une autre dimension dont il convient de se soucier réside dans la possibilité que des armes nucléaires soient employées pour contrer une attaque ennemie classique : le concept de l'hiver nucléaire forcerait ceux qui songeraient à recourir les premiers à l'arme atomique à réfléchir très sérieusement avant d'opter pour une telle solution. Cet argument donne de l'envergure aux thèses de ceux qui voudraient mettre plus d'accent sur l'établissement d'un équilibre entre les forces classiques des superpuissances.

On a remis en question l'avantage de produire des bombes nucléaires à forte puissance explosive, et l'on a déjà consacré beaucoup d'efforts à la mise au point d'ogives plus petites et plus précises. Comme les États-Unis ont opté pour des ogives précises à faible puissance explosive, ils disposent d'un avantage théorique en ce sens qu'ils pourraient utiliser une plus grande partie de leur arsenal. En revanche, l'URSS possède surtout des armes à forte puissance explosive, de sorte qu'en y recourant, elle franchirait rapidement le seuil de l'hiver nucléaire.

La théorie de l'hiver nucléaire et ses implications stratégiques ont rendu le public plus conscient des dangers inhérents à tout affrontement nucléaire d'envergure. Il se pourrait bien qu'à la faveur de cette sensibilisation, on revienne au concept de la capacité minimale de dissuasion. En fin de compte, la théorie ne peut que renforcer la notion exprimée si souvent par tant de dirigeants mondiaux, à savoir qu'il "n'est pas possible de gagner une guerre nucléaire et qu'elle ne doit jamais être livrée."

AUTRES LECTURES

Quiconque s'intéresse au thème de l'hiver nucléaire et à toutes ses dimensions trouvera une vaste gamme d'opinions et de notions dans les ouvrages suivants, bien que, comme toute encyclopédie, ils soient datés : le rapport de 191 pages du *US National Research Council*,[6] le volume de 382 pages de la Société royale du Canada,[7] et un ouvrage récemment publié (1985) par Mark A. Harwell[16] et intitulé *Nuclear Winter*. Le rapport de la Société contient des recommandations très importantes ayant beaucoup de pertinence dans la conjoncture canadienne.

- L'agriculture, les ressources forestières et les océans du Canada sont particulièrement vulnérables, selon le rapport. Notre pays doit rassembler et évaluer plus de données sur sa situation propre, mais il lui incombe aussi de mettre à profit les compétences spéciales qu'il possède pour contribuer au succès du débat international.
- Le Canada doit appuyer sans réserves toute mesure prise par les Nations-Unies pour mieux faire comprendre les implications de l'hypothèse de l'hiver nucléaire et son incidence sur les questions stratégiques.
- Le Canada doit continuer d'appuyer les initiatives de l'*International Council of Scientific Unions*.
- Par l'entremise de divers organismes intéressés, le Canada doit encourager le débat au sein des milieux universitaire, scientifique et technique.

- Par l'intermédiaire de ses organismes de planification d'urgence, le Canada doit réévaluer son état de préparation à la lumière de l'hypothèse sur l'hiver nucléaire.
- Il importe que le Canada "blinde" le plus possible ses dispositifs de communications essentiels contre l'impulsion électromagnétique et d'autres dangers.
- Le Canada doit contester l'opinion selon laquelle tout plan visant à améliorer la défense civile confirme l'inévitabilité de la guerre nucléaire.
- Le Comité formule de nombreuses recommandations précises de nature technique sur des domaines où le monde est particulièrement vulnérable. Notre pays pourrait, par exemple, intensifier beaucoup plus ses recherches sur le comportement des incendies de forêts, secteur où il a déjà accompli des travaux remarquables.
- Le Service canadien de l'environnement atmosphérique possède certaines des meilleures installations au monde pour créer des modèles d'étude de l'atmosphère et il pourrait donc contribuer énormément à l'enrichissement des connaissances mondiales à cet égard.
- Les scientifiques canadiens ont besoin d'en apprendre beaucoup plus sur les effets que les variations des conditions climatiques ont et pourraient avoir sur la biosphère.
- Mais par-dessus tout, de dire M. Kenneth Hare, président du Comité mis sur pied par la Société royale, le Canada doit faire l'impossible pour empêcher que l'hiver nucléaire se produise jamais.

En septembre 1982, l'Assemblée générale de l'*International Council of Scientific Unions* (ICSU) a prié son comité exécutif de faire rédiger un document neutre, non politisé, autorisé et facilement compréhensible sur les effets d'une guerre nucléaire, même "limitée".

Le rapport intitulé *The Environmental Effects of Nuclear War*, qui a été publié en deux parties par la maison John Wiley Limited (Angleterre), sous la gouverne du *Scientific Committee on Problems of the Environment* (SCOPE), un des 10 comités scientifiques de l'ICSU, existe maintenant au Canada.

Le premier tome s'intéresse aux répercussions physiques de la guerre nucléaire sur l'environnement. Le deuxième étudie les effets biologiques, notamment sur le milieu et l'agriculture. Un troisième tome, qui paraîtra plus tard en 1986, expliquera la théorie en un langage accessible au profane.

Les deux premiers tomes ne contribuent pas beaucoup à dissiper les craintes exprimées dans des rapports antérieurs de la *US National Academy of Sciences* ou de la Société royale du Canada. Cependant, ils mettent bien en lumière les incertitudes que comportent les hypothèses sur lesquelles il est possible de fonder des conclusions. Selon les auteurs mêmes de ces ouvrages, ils concrétisent les premiers efforts déployés par un groupe international de scientifiques pour faire le point sur les connaissances acquises et sur ce qu'il faut encore apprendre au sujet des effets possibles de la guerre nucléaire sur l'environnement à l'échelle du globe. Le rapport se veut donc être un point de départ, plutôt qu'une entité en soi.

- Dan Horowitz et Robert J. Lieber, "Nuclear Winter and the Future of Deterrence", *Washington Quarterly*, Été 1985, p. 59-70.
- Colin S. Gray, "The Nuclear Winter Thesis and U.S. Strategic Policy", *Washington Quarterly*, Été 1985, p. 85-96.
- *Nuclear Winter*, Audience mixte du *Committee on Science and Technology* et du *Committee on Interior and Insular Affairs*, Chambre des représentants (É.-U.), 14 mars 1985, *US Government Printing Office*, Washington, 1985.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier de leur contribution spéciale M. Kenneth Hare, doyen du *Trinity College* (Université de Toronto), M. Thomas Hutchinson, professeur de botanique et membre de l'Institut des études environnementales (Université de Toronto), M. S. Fred Singer, de l'Université George Mason (Virginie), M. Andrew Forester, de l'Institut des études environnementales (Université de Toronto), et enfin la maison *Dartside Consulting*, qui a eu l'obligeance de formuler de nombreuses observations sur le manuscrit. L'auteur accepte seul la responsabilité du texte.

BIBLIOGRAPHIE

1) Turco, R.P., Toon, O.B., Ackerman, T.P., Pollack, J.C., et Sagan, C., 1983 : "Nuclear Winter; global consequences of multiple nuclear explosions", *Science*, 222, 1983, p. 1283-1292 [Document appelé "Rapport TTAPS", abréviation formée par la première lettre du nom de chaque auteur].
2) Ehrlich, P.R., Harte, J., Harwell, M.A., Raven, P.H., Sagan, C., Woodwell, G.M., Berry, J., Ayensu, E.S., Ehrlich, A.H., Eisner, T., Gould, S.J., Grover, H.D., Herrera, R., May, R.M., Mayr, E., McKay, C.P., Mooney, H.A., Myers, N., Pimentel, D., et Teal, J.M. : "Long-term biological consequences of nuclear war", *Science*, 222, 1983, p. 1293-1300. [Cet ouvrage et le Rapport TTAPS (1) mentionné ci-dessus ont été publiés en même temps et constituent l'énoncé définitif de l'hypothèse de l'hiver nucléaire.]
3) Martin, T.Z. et Kieffer, H. : "Thermal infra-red properties of the Martian atmosphere", *J. Geophys. Res.*, 1979, p. 84:2843-2852.
4) Alvarez, L.E., Alvarez, W., Asaro, F., et Michel, H.V. : "Extra-terrestrial cause for the Crustaceous-Tertiary extinction", *Science*, 1980, 208, p. 21-25.
5) Crutzen, P.J. et Birks, J.W. : "The atmosphere after a nuclear war: twilight at noon", *Ambio*, 1982, p. 11 et p. 115-125.
6) *The Effects on the Atmosphere of a Major Nuclear Exchange*, 1985, *US National Academy of Sciences/National Research Council*.
7) *L'hiver nucléaire et ses effets connexes : évaluation par le Canada des conséquences qu'une guerre nucléaire aurait sur l'environnement*, 1985, Société royale du Canada.
8) Aleksandrov, V.V. : "Global shield causes nuclear winter", exposé présenté à la Conférence sur la dissuasion nucléaire intitulée *New Risks, New Opportunities*, 5 au 7 septembre 1984, Université du Maryland [le texte est reproduit dans le document (7) ci-dessus].
9) Teller, E. : "Widespread after-effects of nuclear war", *Nature*, 310, 1984, p. 621-624.
10) Kearny, C.H. : Lettre au rédacteur en chef, *Science*, 227, 1984, p. 356-358.
11) Singer, S.F. : Lettre au rédacteur en chef, *Science*, 1984, p. 356.
12) Singer, S.F. : "Nuclear Winter and Nuclear Freeze", *Disarmament, A Periodic Review*, Nations-Unies, 1984.
13) Communication personnelle.
14) Hoeber, F.P., et Squire, R.K., *Strategic Review*, Été 1985, p. 39-46.
15) *L'hiver nucléaire — Évaluation par le Canada des conséquences qu'une guerre nucléaire aurait sur l'environnement*, Société royale du Canada, 1985, p. 352-360.
16) Harwell, M.A., *Nuclear Winter; The human and environmental consequences of nuclear war*, Springer-Verlag, 1985.

M. Leonard Bertin est expert-conseil et auteur scientifique pigiste.

Les opinions exprimées dans l'exposé sont celles de l'auteur et elles n'engagent en rien l'Institut ni le Conseil.

Publication de l'Institut canadien pour la paix et la sécurité internationales. Pour obtenir des exemplaires supplémentaires, prière d'écrire à l'Institut, au 307, rue Gilmour, Ottawa (Ontario), K2P 0P7.

Also available in English.